

## 磁性線パラメトロンに関する研究

著者	伊藤 登
号	203
発行年	1973
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/11152">http://hdl.handle.net/10097/11152</a>

氏 名 (本籍)	い 伊	とう 藤	のぼる 登	(福井県)
学 位 の 種 類	工	学	博	士
学 位 記 番 号	工	第	2 0 3	号
学位授与年月日	昭和 4 8 年 1 1 月 7 日			
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当			
最 終 学 歴	昭和 2 1 年 9 月 東北帝国大学工学部電気工学科卒業			
学 位 論 文 題 目	磁性線パラメトロンに関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 津屋 昇 教授 大 泉 充 郎 教授 高橋 実 教授 小野寺 大			

## 論 文 内 容 要 旨

### 1 章 は じ め に

一軸異方性を有するパーマロイ蒸着薄膜ならびに電着薄膜の諸特性は多くの研究により漸次明らかにされつつあるが、その応用面の開発は未だ充分でなく、現在でも磁性線を用いた記憶素子が実用されているのみで、その他の方面への応用が望まれている。

本論文では、まずパーマロイ磁性線を用いたパラメトロンについて、基礎特性を理論と実験の両面より始めて検討し、さらにこのパラメトロン素子を実用化するために必要な諸研究を行った結果について述べる。ついで磁性線パラメトロンに関し  $I_d$  マージンという特性を新らしく定義し、これを用いた応用機器の設計法を確立するとともに、この素子を用いた機器を実現してこの設計法の有用性を確めたことについて述べる。

磁性線パラメトロンは、フェライトパラメトロンと比較すると、一軸異方性を有する金属薄膜であるため、種々の利点を有するものと考えられる。すなわち小電流で駆動が可能で、消費電力も小さいこと、さらに温度特性が良く、定電圧性に富み小型であることがあげられる。本論文は、磁性線パラメトロンがフェライトパラメトロンに比べてこのように実用的に優れた特性を有していることを確め、さらに雑音妨害およびフェイルセルフ性付与などについては半導体素子よりも有利であるという特長を及映させて、磁性線パラメトロン装置を実現するために行った研究をまとめたものである。

## 2 章 一軸異方性を有する磁性線の磁化率

磁性線の非線形磁化特性はランダウリフシッツの方程式を用いて解析することができる。すなわち磁性線の容易軸である円周方向に直流バイアス磁界と励振のための交流磁界を重畳した場合の困難軸方向の磁化率 $\alpha_y$ は、計算の結果次式のようなフーリエ級数で与えられることがわかる。

$$\alpha_y = \alpha_{y0} \{ 1 + 2 (-\Gamma \cos \omega_0 t + \beta \cos 2 \omega_0 t + \dots) \} \quad (1)$$

上式の係数 $\Gamma$ および $\beta$ はそれぞれ、励振磁界の増加とともにほぼ1次および2次的に増加する係数で、磁性線の特性をあらわす重要な指標であり、また $\alpha_{y0}$ は主磁化率である。これらを用いて磁性線パラメトロン用のコイルのインピーダンスと損失係数を理論的に導出することができる。後述のサンプルAの磁性線につき $\Gamma$ を実測したところ、理論値と良く一致すること、また同一励振電流ではフェライトコア(PM-5)より $\Gamma$ が大で発振の起り易いことがわかった。図1の実線は前述の試料を用いた磁性線コイルのリアクタンスの理論値であり、これらは実測値と非常に良く一致している。<sup>1)</sup>

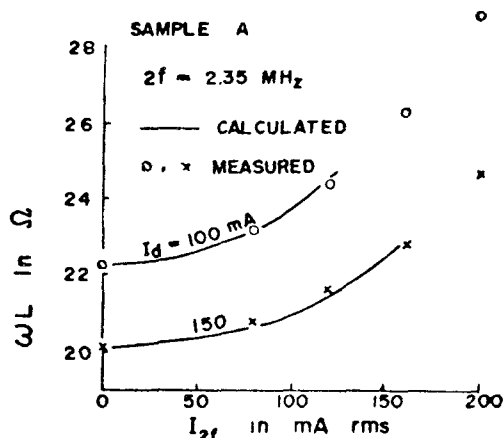


図1 バイアス電流をパラメータとした磁性線の非線形リアクタンス

### 3 章 磁性線パラメトロン特性

パラメトロン発振に関し、蒸着膜について  $Po\text{hm}$  ら<sup>2)</sup>の磁性膜コイルの  $Q$  が大であるとの仮定に基いた理論的取扱いは、その内部抵抗が無視されているため実験と比較できる充分な結果は得られていなかった。ここでは、磁性線コイルの  $Q$  はただか  $10$  程度でそれ程高くない事実に着目し、以下のようにして新らしくその影響を考察した。発振領域を理論的に定めるにあたっては、磁性線コイルの両端に

同調容量と外部抵抗が接続され、磁性線自体にバイアス電流  $I_d$  と励振電流  $I_{2f}$  を流した系を考える。このときコイル両端に発生する分周波電圧は、この系を記述する回路方程式と、ランダウフシッツの方程式とを連立させることによって得られるマシューの方程式と同形の2次方程式を解くことによって得ることができ、この結果を用いてパラメトロン励振現象を詳細に解析することができる。

図2にこのようにして求めた励振電流  $I_{2f}$  に対する発振マージン特性を示したが実線で示す理論値と点線で示す実測値の一致は良好である<sup>3)</sup>。ここで一定の  $I_{2f}$  に対する2つの  $I_d$  の値の差を  $I_d$  マージンと定義する。

パラメトロン発振はこの  $I_d$  マージンの大なる程安定であるので、磁性線パラメトロン設計の指標とすることができる。この特性および設計に必要なデータの実測により、(1)同調バイアス電流  $I_{d0}$  は  $80 \sim 150 \text{ mA}$  が適当であり、(2) サンプルAを用いた磁性線パラメトロンの許容最大分

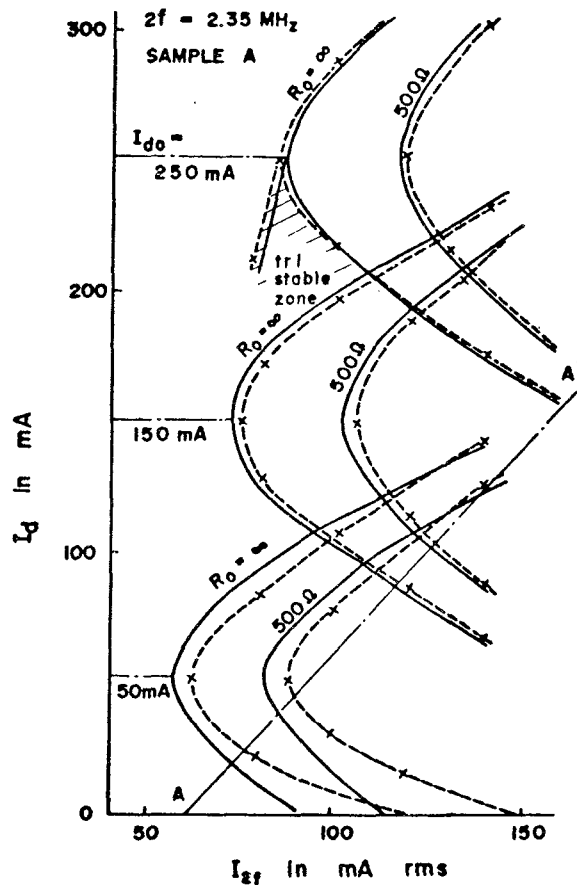


図2 磁性線パラメトロンのマージン特性

実線 — 計算値， 点線 — 測定値

AA'線は高調波ひずみが  $-20 \text{ dB}$  となる境界

岐数は15であり、(3)  $I_{zf}$  は180～200 mA が適当であること、また (4) 温度特性および定電圧性はフェライトパラメトロンPM-5より遙かに良好であり、さらに (5) 消費電力はフェライトパラメトロンPM-5のその約  $\frac{1}{2}$  であることなどがわかった。

#### 4 章 磁性線パラメトロンを用いた基本回路

磁性線パラメトロン素子を多数用いるときには、能率良く素子を生産する必要があるので、特に高性能を要求される箇所については精撰された素子をあて、他の負荷の軽い箇所と区別することが望ましい。したがって素子を特に高性能のフェイルセーフ素子と名づけるものと、一般的に用いる“なみ”論理用素子と呼ぶものと区別して構成することは極めて有効である。ここでは、“なみ”論理用素子とフェイルセーフ用素子<sup>4)</sup>について、レジスタ、計数回路および定数供給回路の3種の基本回路に一定の  $I_d$  マージンを確保し、かつ磁性線の歩留りを良くする方法について検討した結果について述べる。“なみ”論理用素子に対しては、(1) 電圧結合方式によるV型磁性線パラメトロンを用い、(2) 分岐数の少ない素子からなるレジスタの遅延部分には後述のサンプルB群を、その他分岐数が大なる素子を多く含む回路にはサンプルA群を使用し、また (3) 遅延回路は素子の使用数が多いのでまとめて遅延回路板を作ることが好ましいことを明らかにした。一方フェイルセーフ用素子に対しては、(1) 電流結合方式によるC型磁性線パラメトロンを用い、(2) 用途の重要性を考慮してサンプルA群のみを使用することが現実的であることが判った。すなわち以上の配慮により、“なみ”論理用基本回路は、商用電源AC100V、励振電流180 mA、温度範囲  $20 \pm 20^\circ\text{C}$  にて  $I_d$  マージン80 mA 以上を、またフェイルセーフ用基本回路は、商用電源AC105V、励振電流180 mA、温度範囲  $20 \pm 30^\circ\text{C}$  にて  $I_d$  マージン110 mA 以上を確保できることがわかった。

#### 5 章 素子の製作

磁性線パラメトロンの製作に必要な諸項目の検討の結果判用した主な結果を以下に述べる。

(1) 加熱引張り試験および経済性からみて、電着基台は磷青銅線が適当である、(2) 直線化のため、線材を温度  $430 \pm 10^\circ\text{C}$  に加熱した内径1 mmで長さ250 mmのパイレックス管中を線速5 mm/Sで通過せしめた、(3)  $I_{zf}$  180 mAで  $I_d$  マージン210 mA 以上をうるための電着条件は、電流密度500 A/m<sup>2</sup> ( $\pm 5\%$ )、モル濃度0.5 ( $\pm 5\%$ )、pH 2.1 ( $\pm 5\%$ ) および液温  $45 \pm 0.4^\circ\text{C}$  の範囲であった、(4) 磁性線の焼鈍条件は、 $I_d$  マージンが焼鈍の影響で変動する偏差を最小にし、かつ焼鈍後の経時変化を最小にするという2条件から求めたが、150℃、30分空气中が最適であった、(5) 磁性線を基盤に彫った溝に入れ、かつ両端をスプリングでつることによって、応力による  $I_d$  マージン低下を、サンプルA群に対しては20 mA、サンプルB群に対しては40 mA

以内に留めることができた、(6) 磁性線の歩留りを良くするため、サンプルA群については  $I_d$  マージン  $240 \sim 220 \text{ mA}$  に、またサンプルB群としては同  $220 \sim 200 \text{ mA}$  を設定し、これらを分岐数に応じて使いわけるようにした。

## 6章 $I_d$ マージンによる応用機器の評価

V型磁性線パラメトロン約1800個を用いた卓上計算機と、約6000個を用いた自動接続装置を試作した。両装置に用いた回路は4章に示した基本回路の組合せによるもので、4章から予想される値に近い最低  $I_d$  マージン  $30 \text{ mA}$  の実測値をえた。これはV型磁性線パラメトロンを用いた装置が、周囲温度  $20 \pm 20^\circ\text{C}$  および商用電源  $100 \pm 10 \text{ V}$  で充分実用できることを示すものである。現在までの経験によると平均故障間隔は  $10^8$  時間以上で、他の制御素子に比し著しく安定であることがわかる。ついでC型磁性線パラメトロン約300個を用いて、フェイルセーフ機能を有する電子連動入力装置を試作した。この場合も、4章から予想される値に近い  $I_d$  マージン  $80 \text{ mA}$  の実測値をえた。これはC型磁性線パラメトロンを用いた装置が、周囲温度  $20 \pm 30^\circ\text{C}$  および商用電源  $105 \pm 15 \text{ V}$  で充分実用できることを示すものである。

## 7章 む す び

磁性線パラメトロンの応用装置製作に必要な磁性線素子について、 $I$  定数などの諸特性を理論と実験により検討し、その製作に必要な応力特性などの諸因について研究した。また素子評価の設計基準として  $I_d$  マージンなる特性量を導入し、これを用いた素子および装置の設計法が妥当であることを、実用機を用いて実験した結果により明らかにすることができた。

## 参 考 文 献

- 1) 伊藤：“薄膜パーマロイ線のインピーダンス特性” I ECE '72/4  
VOL 55C, NO4 P 173
- 2) A・Pohm, et al：“High Frequency Magnetic Film Parametrons  
For Computer Logic” Proc.National Elec. Conf,  
Vol XV, 1959
- 3) 伊藤, ほか：“一軸異方性を有する磁性薄膜の非線形性に関する考察”  
信学会, 非線形研資 NLP 70-3, 1970, 06
- 4) 伊藤, ほか：“薄膜パラメトロンを用いたフェイルセーフ素子”  
計測自動制御学会論文集 '71/7, P 219
- 5) 伊藤, ほか：“電着基体金属の性質 I” 昭41年 電通学会全国大会 240
- 6) 伊藤, ほか：“薄膜パラメトロンを用いた自動接続装置の試作”  
信学会, 交換研資 SE 71-1, 1971・04

## 審 査 結 果 の 要 旨

磁性線パラメトロンと呼ばれる素子は、電着により鉄・ニッケル合金を線状金属基台に薄膜状に生成させた新しい非線形リアクタンス素子で、電子装置への実用性の観点から注目される。この素子を円周方向に沿って周波数 $2f$ の交番磁界で強く励振すると、軸方向に周波数 $f$ のパラメトリック発振が誘起される。

著者は長年にわたりこの現象およびその応用装置の研究を行って、本パラメトロン素子の基本的動作特性を初めて解析し、その回路について系統的な研究を行って、本素子の優れた点を明らかにし、幾つかの電子装置の実用化に成功した。本論文はこれらの研究の成果をとりまとめたもので、全文7章より成る。

第1章は序論であり、フェライトパラメトロン素子に比べて本磁性線パラメトロン素子に期待される幾つかの長所を示し、本研究を行った理由を述べている。

第2章では、まず1軸異方性を有する磁性薄膜に関するランダウ・リフシッツの方程式を解いて、磁化率の励振高周波振巾に比例する非線形定数 $I$ 等の計算に初めて成功した。ついで著者は本素子 $I$ 定数等を実験的に測定し、上記の理論値と極めてよく一致することを見出し、フェライト素子との比較を行ったが、これらの成果は見るべきものと言える。

第3章では、本素子の発振特性を理論的に研究し、実験と比較検討した結果について述べている。著者は本素子の発振条件と基台に流すバイアス電流 $I_d$ 、励振電流および負荷抵抗との関係を明らかにした。これは本素子に発振を起こさせるための $I_d$ に、マージン領域のあることを示したものであり、本素子を用いた装置設計が可能であることを初めて示したものであると言いき、高く評価される。

第4章では、本素子を用いた基本回路として、レジスタ回路、計数回路および定数供給回路を採り上げ、フェイルセーフ用と一般論理用とを区別して吟味したことについて述べている。著者は、装置製造上の観点からこれらに用いる素子を選別する指標として $I_d$ マージン特性を採用することが最も適切であることを示したが、これは磁性線パラメトロン装置の実用化に対して有用な知見と言える。

第5章では、本素子の規格を定め、これに合致する電着、焼鈍条件ならびにその検査等について述べており、第6章はこれを応用した実用装置である卓上計算機、自動接続装置および電子連

動装置について述べた部分である。これらの装置の総合的な信頼度特性が所期の設計規準に合致していることから、その設計法が適切であり、本パラメトロンが所期の通り動作していることを明らかにしている。

第7章は結論である。

以上要するに、本論文は、磁性線パラメトロン素子の諸特性を理論的ならびに実験的に初めて解明し、これを用いた電子装置の設計に適切な指標として  $I_d$  マージン特性を提案し、本素子を利用した実験装置を製作して設計法の実用性を明らかにしたもので、磁気工学および計数工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。